

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7147

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR QUILLALLA

Región Arequipa
Provincia Castilla
Distrito Uñón



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR QUILLALLA

Distrito de Uñón, Provincia de Castilla, Región Arequipa

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del Ingemmet

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Quillalla, Distrito de Uñón, Provincia de Castilla, Región Arequipa: Ingemmet, Informe Técnico, N° A7147, 31p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. Ubicación	3
1.3.2. Accesibilidad	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
2.1. Unidades litoestratigráficas	5
2.1.1 Formación Hualhuani (Ki-hu)	7
2.1.2 Formación Murco (Ki-mu)	7
2.1.3 Depósitos aluviales (Qpl-al)	8
2.1.4 Depósitos coluviales (Qh-col)	8
2.1.5 Depósitos fluviales (Qh-fl)	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
3.1. Pendientes del terreno	9
3.2. Unidades geomorfológicas	11
3.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	12
3.2.2 Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	13
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	13
4.1.1 Deslizamiento antiguo (Da)	15
4.1.2 Flujo de tierra	19
4.1.3 Zona de derrumbes	20
4.1.4 Caída de rocas	21
4.1.5 Erosión de laderas en cárcavas	21
4.1.6 Flujo de detritos (huaico)	22
4.2. Factores condicionantes	24
4.3. Factores desencadenantes	24
5. CONCLUSIONES	26
6. RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el sector Quillalla, distrito de Uñón, provincial de Castilla, Región Arequipa. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En la zona de estudio afloran rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (Ki-hu), conformadas por areniscas cuarzosas de color beige, se presentan moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; rocas de la Formación Murco (Ki-mu), compuestas por lutitas rojizas, las cuales se presentan completamente meteorizadas y muy fracturada. Los depósitos aluviales del pleistoceno (Qpl-al) están conformados por gravas, bloques, arenas y limos, que son de fácil erosión; además, presenta la mayor susceptibilidad a la ocurrencia a movimientos en masa en el sector Quillalla. Los depósitos coluviales (Qh-col) están conformadas por clastos de diferentes tipos de roca, subangulosos, de origen gravitacional, poco consolidados. Los depósitos fluviales (Qh-fl) se ubican a lo largo del río Uñón, litológicamente están conformadas de clastos polimícticos redondeados, alargados, sobre todo imbricados en una matriz de arenosa.

Las unidades geomorfológicas identificadas en el sector Quillalla son: unidad de montaña y unidad de piedemonte; que incluyen las siguientes subunidades: Terrazas fluviales (T-fl), vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), vertiente con depósito de deslizamientos (V-dd) y montaña estructuran en roca sedimentaria (RME-rs); siendo las tres últimas subunidades donde se desarrolla el principal deslizamiento en el sector Quillalla, mientras que los flujos se desarrollan en la subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

Los peligros geológicos identificados en el sector Quillalla, corresponden a movimientos en masa de tipo, deslizamientos, flujo de tierras, derrumbes, flujo de detritos y caída de rocas. Eventos antiguos que han sufrido reactivaciones. Además, se han identificado procesos de erosión de laderas, principalmente cárcavas. En el cauce del río Uñón, se han identificado tramos afectados por la erosión fluvial.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa son: rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, conformadas por areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani y lutitas rojizas altamente meteorizadas y muy fracturadas de la Formación Murco. La meteorización y los deslizamientos antiguos en la zona han generado depósitos conformados por gravas, arenas y limos, poco compactados, que permiten la infiltración y retención del agua, de esta manera los terrenos son fácilmente saturados. Otro condicionante son las pendientes de los terrenos, el cual varía desde llano a inclinado suavemente (1° - 5°), en parte media tiene un cambio a muy fuerte (25° - 45°) y pendientes ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media de los acantilados. y por último la presencia de un manantial (puquial), ubicado en el cuerpo del deslizamiento antiguo, cuyas aguas son vertidas directamente sobre los terrenos.

Por las condiciones geológicas-geodinámicas expuestas en el párrafo anterior, el sector Quillalla se considera de **Peligro Muy Alto** a la reactivación de movimientos en masa; entre ellos, se tiene a los deslizamientos y flujos que pueden ser “detonados o desencadenados” por lluvias intensas (octubre a marzo); así como, derrumbes y caída de rocas por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importante para que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de señalizaciones, carteles que indiquen los peligros geológicos; además, implementar un sistema de riego tecnificado.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Comunidad Campesina Indígena Originaria de Uñón, con escritura pública N° 1247, Título en trámite N° 002286777. Según Oficio N°05-2020/CCIO-UÑÓN; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Quillalla.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al ingeniero Yhon Soncco Calsina para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan el sector Quillalla. Los trabajos de campo se realizaron los días 01, 02 y 03 de marzo del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Castilla, Gobierno Regional de Arequipa, oficina de INDECI y COER - Arequipa, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector Quillalla y área aledañas; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Informe técnico, “zonas críticas por peligros geológicos en la región Arequipa”. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Griselda P. (2014): En el cerro Mamas, cerca de Uñón, se evidencian procesos de erosión en cárcavas y huaycos. Se aprecian laderas de fuerte pendiente, que se encuentran disectadas por una intensa erosión en cárcavas, forma unas torrenteras, por la cual discurren huaycos, que cortan 3 desarrollos de la carretera a Viraco. El informe también menciona que en Andamayo, ladera del cerro Andamayo, quebrada Higuera yoc, se evidencian flujo de detritos (huaicos), erosión de laderas y derrumbes.

Zavala, B.; Vilchez, M.; Rosado, M.; Pari, W. & Peña, F. (2014). Estudio Geoambiental en la Cuenca del Río Colca, Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 57, 222 p., 11 mapas: Describe al río Polviña (Uñón), como de susceptibilidad muy alta. Las condiciones del terreno son muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se

concentran donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada correspondiente al sector Quillalla, está ubicada en el Distrito de Uñón, Provincia de Castilla, Región Arequipa (figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector Quillalla

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	775669.00 m E	8259201.00 m S	15°43'49.65"S	72°25'39.41"O
2	776137.00 m E	8259007.00 m S	15°43'55.77"S	72°25'23.62"O
3	776143.00 m E	8258874.00 m S	15°44'0.09"S	72°25'23.37"O
4	775853.00 m E	8258776.00 m S	15°44'3.39"S	72°25'33.06"O
5	775586.00 m E	8258717.00 m S	15°44'5.42"S	72°25'42.00"O
6	775100.00 m E	8258382.00 m S	15°44'16.50"S	72°25'58.18"O
7	774949.00 m E	8258284.00 m S	15°44'19.75"S	72°26'3.21"O
8	774735.00 m E	8258381.00 m S	15°44'16.68"S	72°26'10.43"O
9	774571.00 m E	8258632.00 m S	15°44'8.58"S	72°26'16.04"O
10	774609.00 m E	8258747.00 m S	15°44'4.83"S	72°26'14.81"O
11	774833.00 m E	8258799.00 m S	15°44'3.05"S	72°26'7.31"O
12	775106.00 m E	8259023.00 m S	15°43'55.66"S	72°25'58.24"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Quillalla	775459.20 m E	8258989.40 m S	15°43'56.61"S	72°25'46.37"O

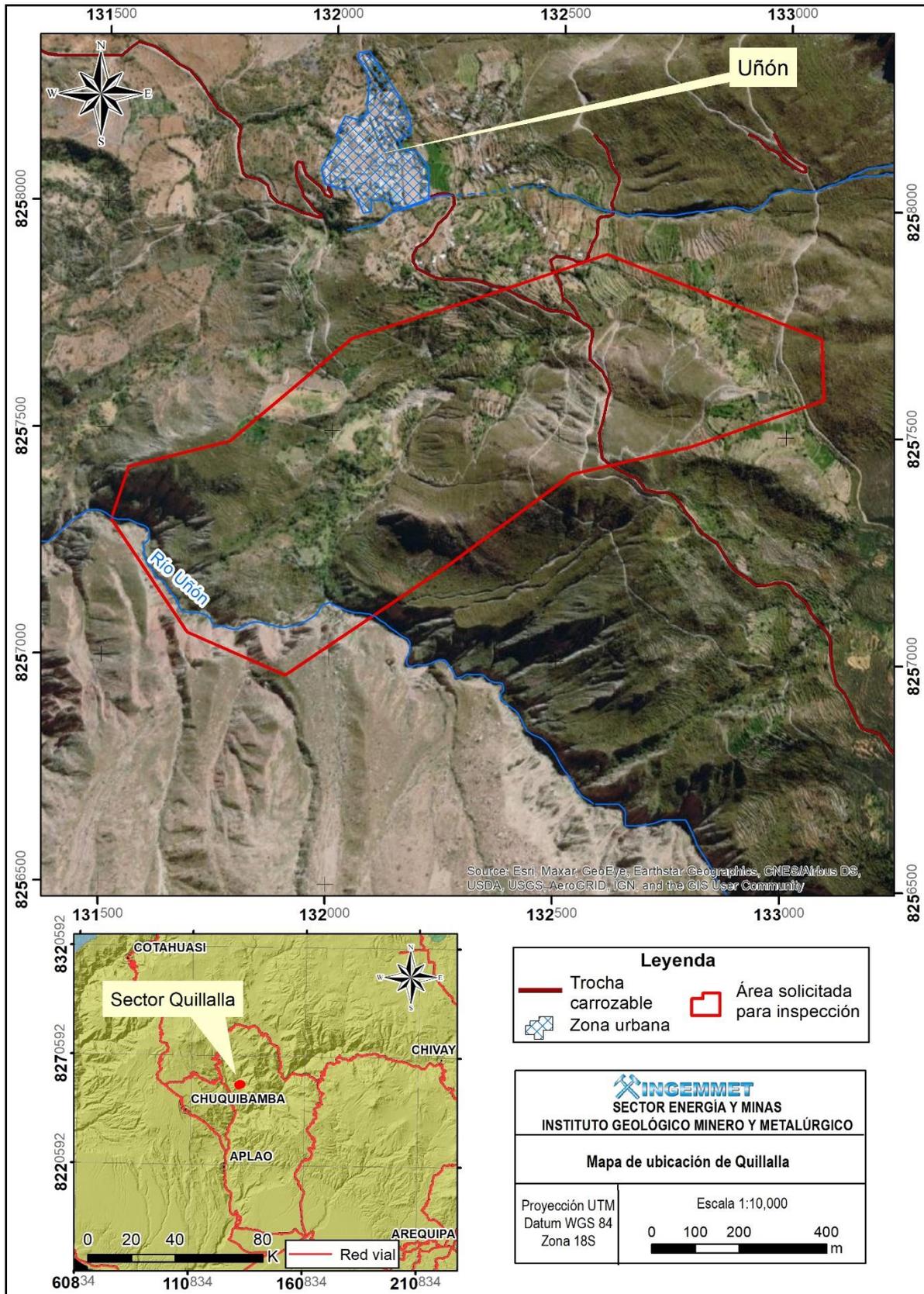


Figura 1. Mapa de ubicación del sector Quillalla

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de Quillalla se realizó utilizando vehículo desde el Ingemmet. Desde Arequipa, se siguió mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa - Aplao	Asfaltada	177	3 h 7 min
Aplao – Desvió Uñón	Asfaltada	63	1 h 19 min
Desvió Uñón – Uñón	Trocha carrozable	15	40 min

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se elabora teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Huambo 32-r_VI a escala 1:50000 Actualizado por Romero y Ticona (2002).

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades geológicas que afloran en el sector Quillalla, corresponden a rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (Ki-hu), Formación Murco (Ki-mu) y depósitos cuaternarios representados por depósitos aluviales (Qpl-al), depósitos coluviales (Qh-col) y depósitos fluviales (Qh-fl), Romero y Ticona (2002). (figura 2).

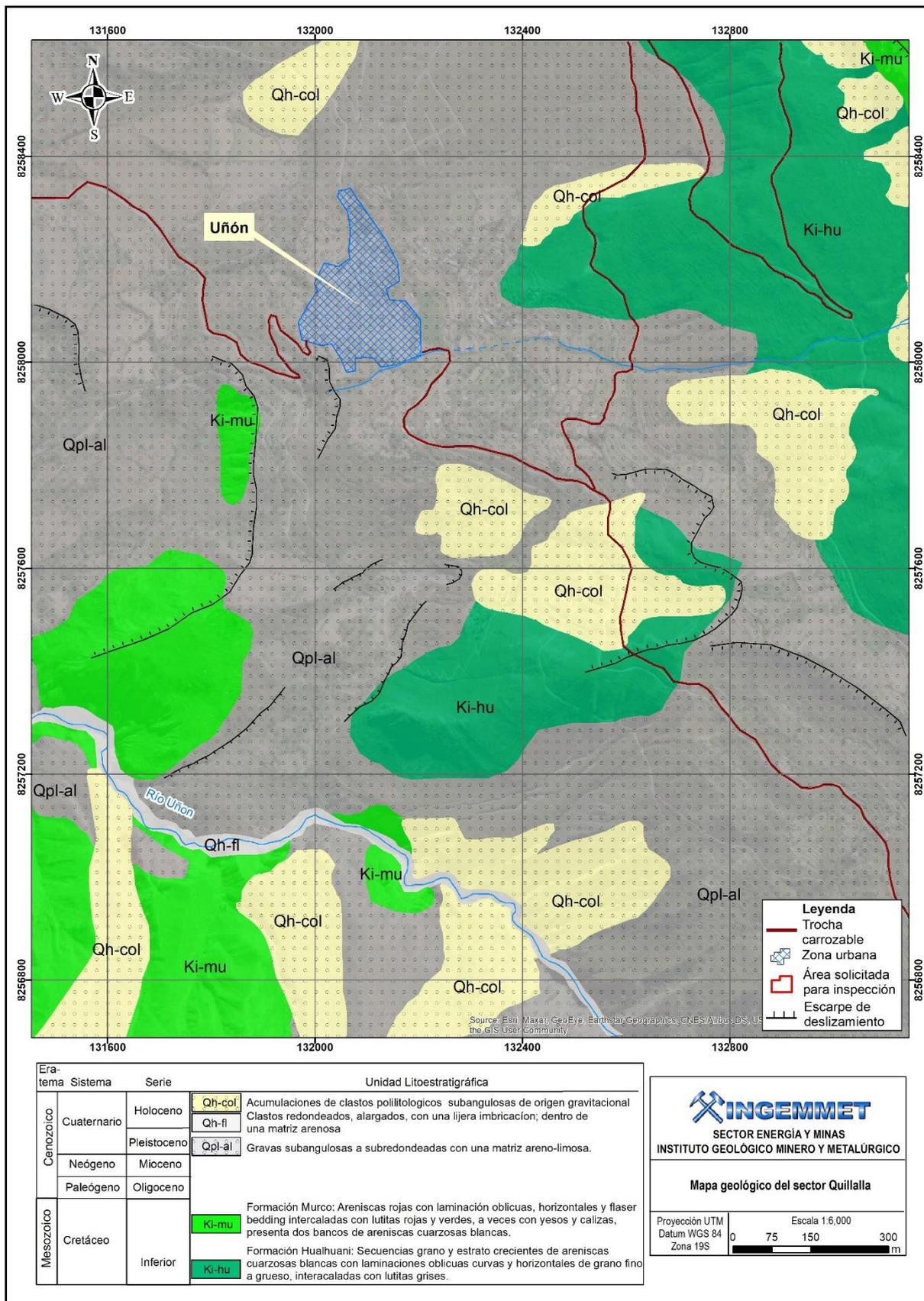


Figura 2. Mapa geológico del sector Quillalla, modificado del “Mapa geológico del cuadrángulo de Huambo” 32-r_VI a escala 1:50000 (Darwin Romero Fernandez y Pedro Ticona Turpo 2002)

2.1.1 Formación Hualhuani (Ki-hu)

Es la unidad litoestratigráfica más antigua que aflora en la zona evaluada, se ubica en la parte central del sector Quillalla. Está conformada por areniscas cuarzosas de color beige, con algunas intercalaciones de lutitas negras en los niveles inferiores de la secuencia. Estas afloran en acantilados de más de 100 metros de alto, Romero y Ticona (2002). Se presenta moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas (figura 3).



Figura 3. Afloramiento de la Formación Hualhuani. (coordenadas UTM E: 775236, N: 8258628).

2.1.2 Formación Murco (Ki-mu)

Esta formación está suprayaciendo a la Formación Hualhuani, está conformada por intercalaciones de lutitas y areniscas de color rojo, en el sector de Quillalla presenta un espesor de más de 100 m, Romero y Ticona (2002). Las lutitas se encuentran completamente meteorizadas y muy fracturadas. Se observan suelos provenientes de la meteorización de las lutitas, los cuales se presentan sumamente sueltos, fácil de removilizar (figura 4). Los clastos son pequeños, está conformado por gravas, arenas y limo, los cuales también se observan en el cuerpo del deslizamiento antiguo.

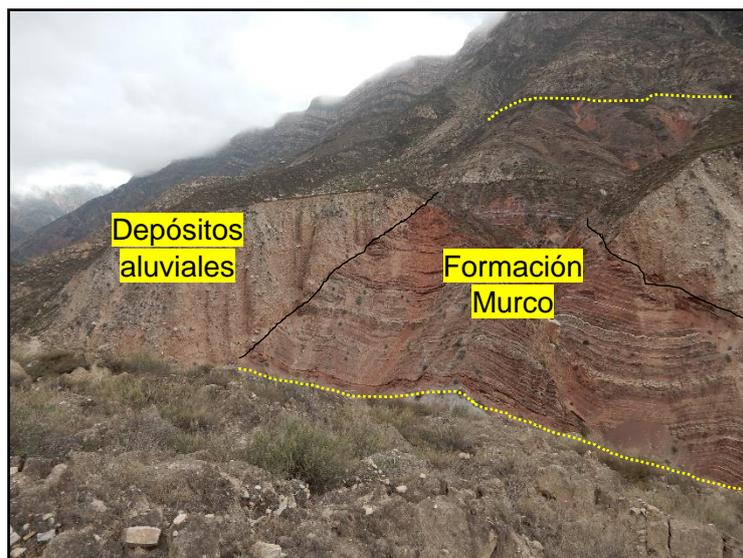


Figura 4. Formación Murco, en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 774917, N: 8258344).

2.1.3 Depósitos aluviales (Qpl-al)

Origen de la forma de un terreno o depósito de material debido a la acción de las corrientes naturales de agua. Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007)

Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman las laderas, terrazas de ríos y quebradas, así como conos aluviales, que en muchos de los casos es difícil de representar gráficamente en los mapas por efectos de escala. Los depósitos de terrazas pueden presentar cierto grado de consolidación y están sujetos a procesos de erosión fluvial.

Los depósitos aluviales afloran en gran parte de las laderas en el sector Uñón, están conformados por mezclas de bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas. Las formas más o menos redondeadas de los fragmentos de roca dependen de las distancias que han sido transportados.

Los depósitos aluviales se presentan poco consolidados, (figura 5). La mayoría de los movimientos en masa en Uñón se generan en depósitos aluviales, tal como se observa en los sectores, Quillalla y en la parte baja de la zona urbana de Uñón.



Figura 5. Depósitos Aluviales. (coordenadas UTM E: 774849, N: 8258608).

2.1.4 Depósitos coluviales (Qh-col)

Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad. Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007)

Los depósitos aluviales se acumulan en vertientes o márgenes de los valles, como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales.

Los depósitos coluviales se presentan poco consolidados. Algunos de los movimientos en masa en Uñón se generan en depósitos coluviales, tal como se observa en los sectores, Quillalla y en la parte alta y baja de Quillalla y en las laderas del río Uñón.

2.1.5 Depósitos fluviales (Qh-fl)

El depósito fluvial se ubica a lo largo del río Uñón, litológicamente está conformada de clastos polimícticos redondeados, alargados y sobre todo imbricados en una matriz de arenosa. Se encuentran inconsolidados.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el sector Quillalla varia desde llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), en zona media del acantilado se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$), en la parte alta es muy fuerte (25° - 45°), (figuras 6). Se elaboro un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m, tomado del portal EARTH-DATA - Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC) de la NASA (figura 7).

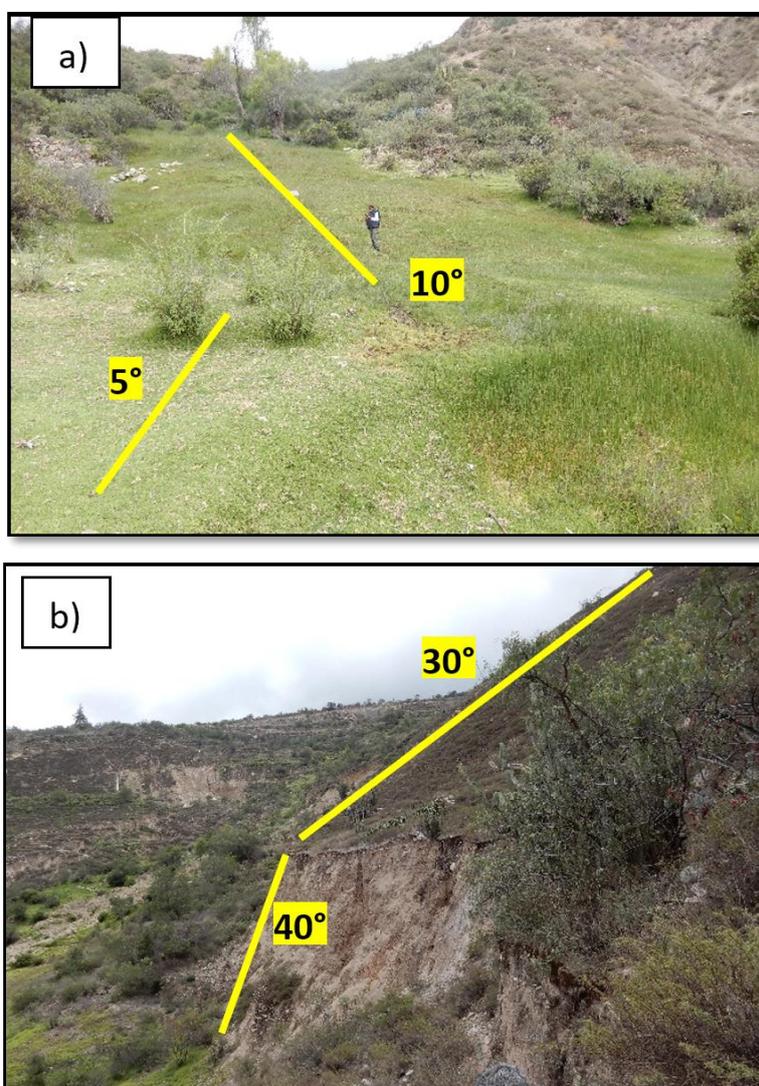


Figura 6. En a) Muestran las pendientes suaves en Quillalla. (coordenadas UTM E: 775510, N: 8259001), y b) las pendientes muy fuertes y escarpados. (coordenadas UTM E: 775225, N: 8258776).

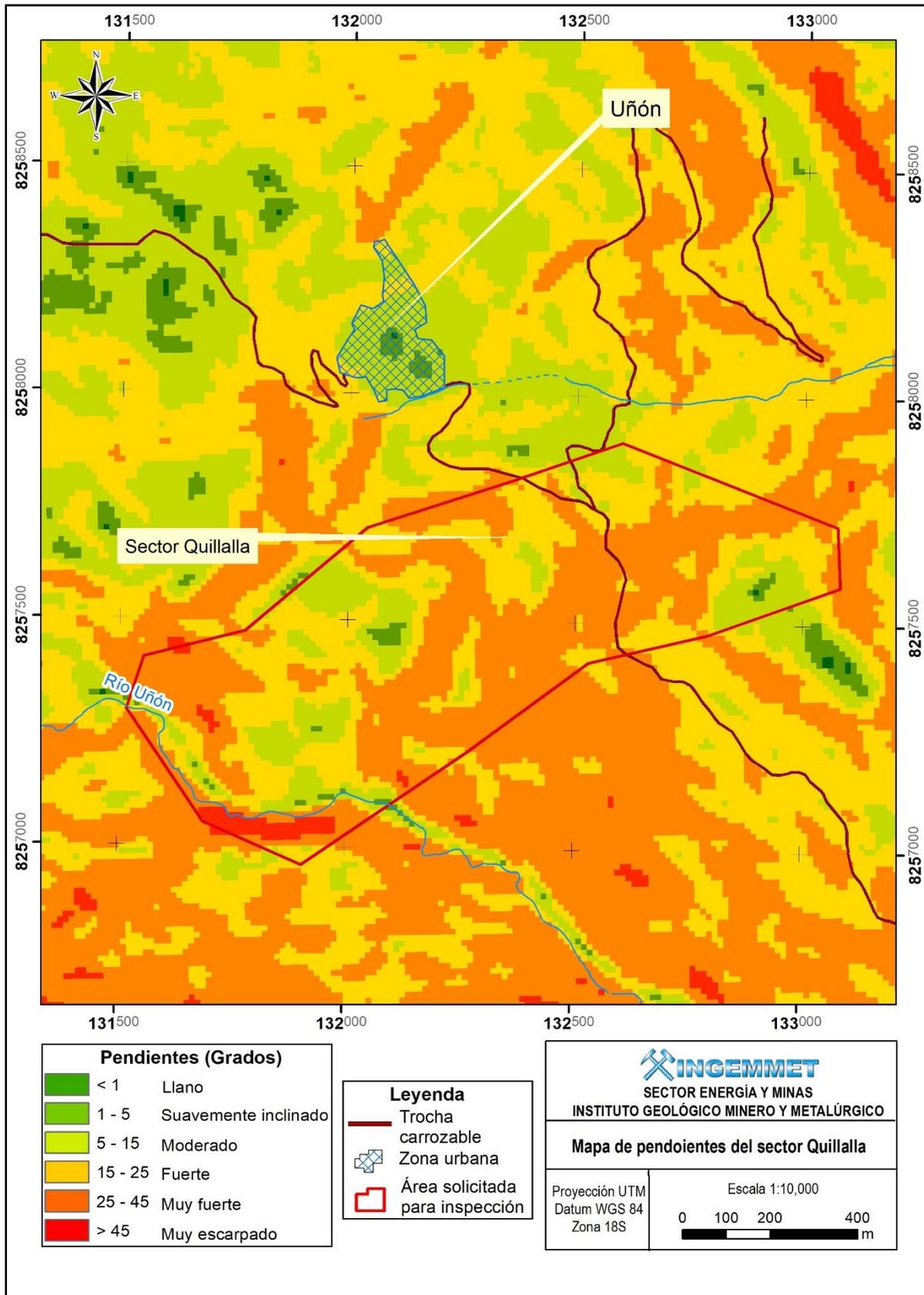


Figura 7. Mapa de pendientes del sector Quillalla.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Degradacionales o denudativos
- Agradacionales o deposicionales

La evolución del relieve en el sector Quillalla, se presenta el mapa geomorfológico siguiente.

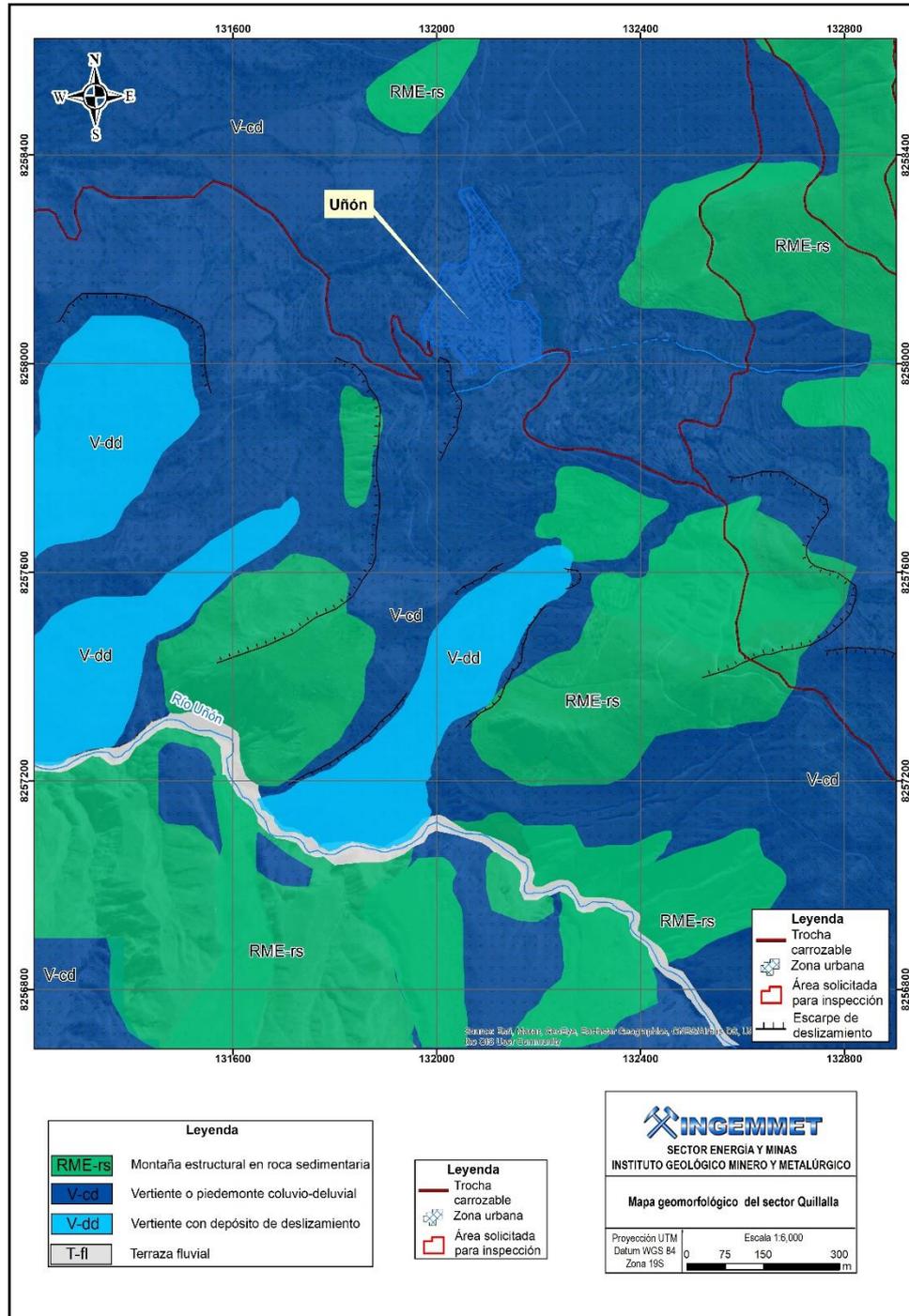


Figura 8. Mapa geomorfológico del sector Quillalla (Tomado y modificado del mapa geomorfológico a escala 250,000 del Ingemmet)

El área de estudio se encuentra por encima de los 2800 m.s.n.m. con vertientes montañosas, elevadas y abruptas, asociadas a la incisión de los ríos que descienden desde las partes altas de la cordillera.

En el sector Quillalla se ha identificado 4 geoformas: Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), terraza fluvial (T-fl), vertiente con depósito de deslizamientos (V-dd) y montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs). En Quillalla, las subunidades con mayor susceptibilidad a generar movimientos en masa son: Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs)

3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades:

3.2.1.1 Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs): En el área de estudio se identificó la unidad morfológica de montaña estructural desarrollada en rocas sedimentarias. Litológicamente corresponde a rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani y la Formación Murco, representadas por (areniscas y lutitas). El patrón de drenaje subparalelo, típico de estas unidades, con escarpas en forma de V, muestra en sus laderas pendientes que varían entre 15° a 45°. Dentro de esta unidad geomorfológica las elevaciones existentes son parte de la cordillera, levantadas por la actividad tectónica y modeladas por procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía. Las estructuras tectónicas en el área de estudio tienen el dominio del alineamiento de las estructuras andinas (NO-SE). En esta unidad se asocia la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos y derrumbes. Además de procesos de erosión de ladera en cárcavas.

3.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1 Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas. Se identificó esta forma de relieve en gran parte de la zona de estudio.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Se encuentra conformando las laderas, de deslizamientos a lo largo de los valles. En la zona evaluada, esta subunidad geomorfológica aflora en el sector Quillalla, en la parte baja de la zona urbana de Uñón. Está conformada por depósitos de deslizamientos.

Terraza fluvial (T-fl): Son terrenos con pendientes bajas a subhorizontales (5° a 10°), se encuentran en el cauce del río Uñón, dispuestos en la llanura de inundación. Representan niveles recientes inconsolidados de material fluvial, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del río. Litológicamente conformada de clastos polimícticos redondeados, alargados y sobre todo imbricados en una matriz de arenosa.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el área evaluada corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbes, flujo de tierras y caída de rocas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes (ejemplo un gran valle o cañón), que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en la zona; así como, la actividad sísmica.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

En el sector Quillalla, ubicado en la margen derecha del río Uñón; se identificaron ocurrencias de movimientos en masa (figura 9) de tipo:

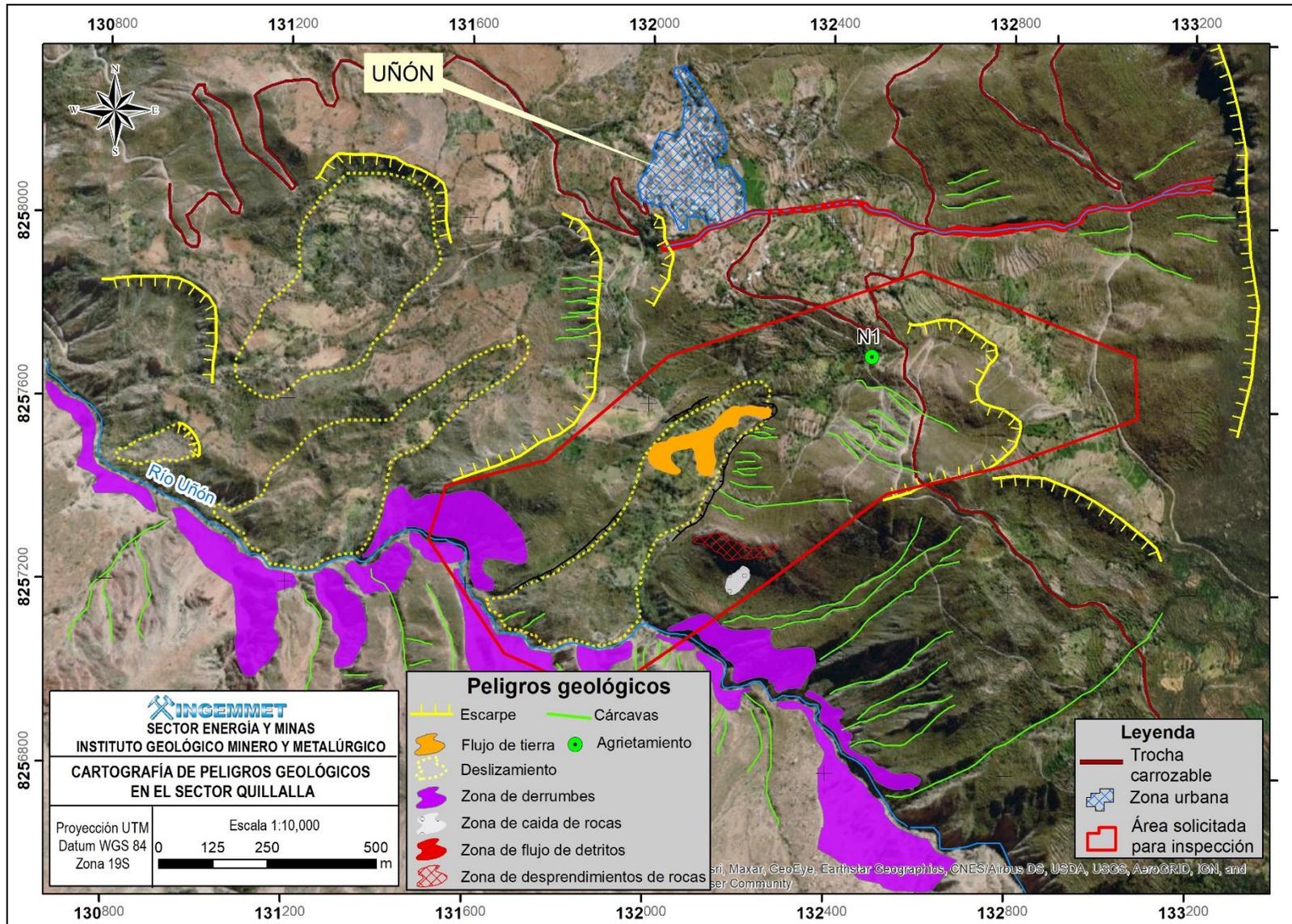


Figura 9. Mapa de cartografía de peligros geológicos en el sector Quillalla

4.1.1 Deslizamiento antiguo (Da)

En la parte alta del sector, se identificó un escarpe de deslizamiento antiguo (Da). Asimismo, en el punto N1 se aprecian agrietamientos en los terrenos, los cuales podrían desencadenar en un nuevo deslizamiento y podrían afectar la zona agrícola (figura 10).

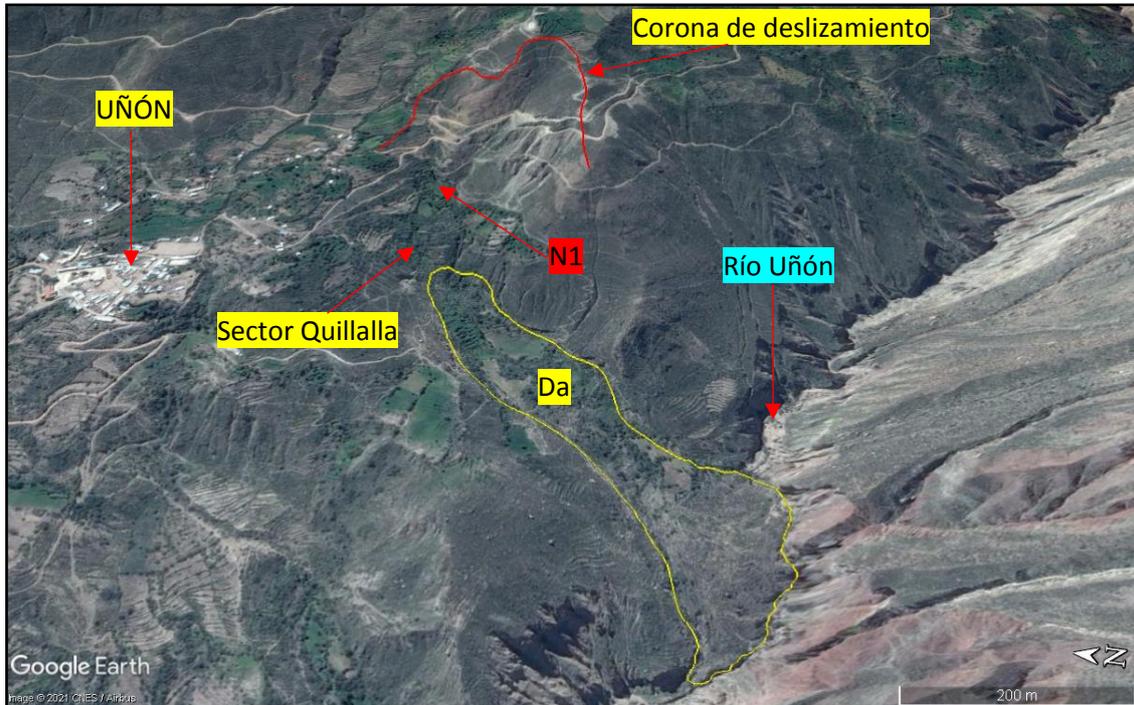


Figura 10. Deslizamiento en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 775456, N: 8258978).

Asimismo, en la parte alta del sector Quillalla, se evidencia una depresión con forma irregular que corresponde al deslizamiento antiguo (Da), (figuras 9 y 10). La corona y el salto de escarpe, no se observan nítidamente debido a los procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar.

La masa deslizada o removida, llega hasta el cauce del río Uñón y lo represó parcialmente. Además, presentan lomeríos en la ladera media; los mismo que evidencia el empuje del terreno a manera de reptación. También, presenta un cuerpo de agua (figura 11) y filtraciones que saturan el terreno.



Figura 11. Se aprecian cuerpos de agua en la ladera media del deslizamiento antiguo (coordenadas UTM E: 775493, N: 8258984).

La dirección de desplazamiento del deslizamiento, va de noreste a suroeste con dirección al río Uñón. Además, en el pie del deslizamiento antiguo se han observado pequeños derrumbes a causa de la erosión fluvial por las aguas del río Uñón.

A continuación, se describe las características principales del deslizamiento antiguo (DA):

El evento corresponde a un deslizamiento complejo, su corona principal es de forma regular y mide 940 m; la altura del salto del escarpe principal no es definido. El evento está comprendido entre las cotas 2950 m s.n.m. y 2500 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 450 m. La masa se desplazó en dirección suroeste.

La masa deslizada, está conformado por bloques angulosos, gravas, arenas y limos. La matriz está compuesta por arenas finas y limos. Los bloques ángulos erráticos llegan a medir hasta 80 cm. (figuras 12 y 13).

Los componentes encontrados en el cuerpo del deslizamiento, corresponden a rocas que afloran en la parte alta y media de las laderas del sector. Son bloques de areniscas cuarzosas de color beige y lutitas de color rojo, se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas; los mismos que generan suelo no consolidado, poco compactados, fácil de removilizarse si son saturados de agua. Asimismo, en la parte baja del cuerpo del deslizamiento se evidencian bloques fracturados por compresión.



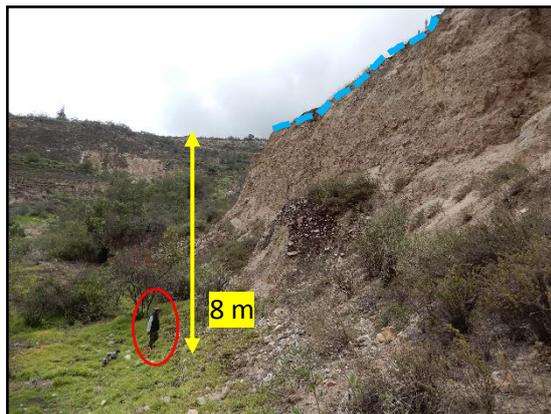
Figura 12. Depósitos del deslizamiento antiguo (Da). (coordenadas UTM E: 774878, N: 8258511).



Figura 13. Cuerpo del deslizamiento en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 774876, N: 8258530).

Además, presentan escarpes de más de 8 metros de alto (figura 14), en ambos márgenes del deslizamiento. Aparentemente estos escarpes se han generado por los sucesivos movimientos que ha tenido el cuerpo de deslizamiento. Movimientos muy lentos, imperceptibles.

Figura 14. Escarpe en el margen izquierdo del deslizamiento antiguo. (coordenadas UTM E: 775229, N: 8258778).



En el sector Quillalla, existe un manantial de agua (puquial), cuyas aguas son vertidas directamente a la superficie de los terrenos; durante la visita de campo, se evidenció un caudal importante de aproximadamente $0.015 \text{ m}^3 / \text{s}$; de agua proveniente del manantial (figuras 15a, 15b y 15c). El manantial se ubica en la pared del escarpe del deslizamiento antiguo, exactamente en el punto N1 del mapa de cartografía de peligros geológicos (figura 9).

En el punto UTM E: 775558, N: 8259016; se evidencia un agrietamiento de 11 metros de longitud y 15 cm de ancho (figuras 15c y 15d). Este agrietamiento se desarrolla sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo, conformado por bloques subangulosos de hasta 50 cm, gravas, arenas y limos. El depósito se encuentra poco consolidado.

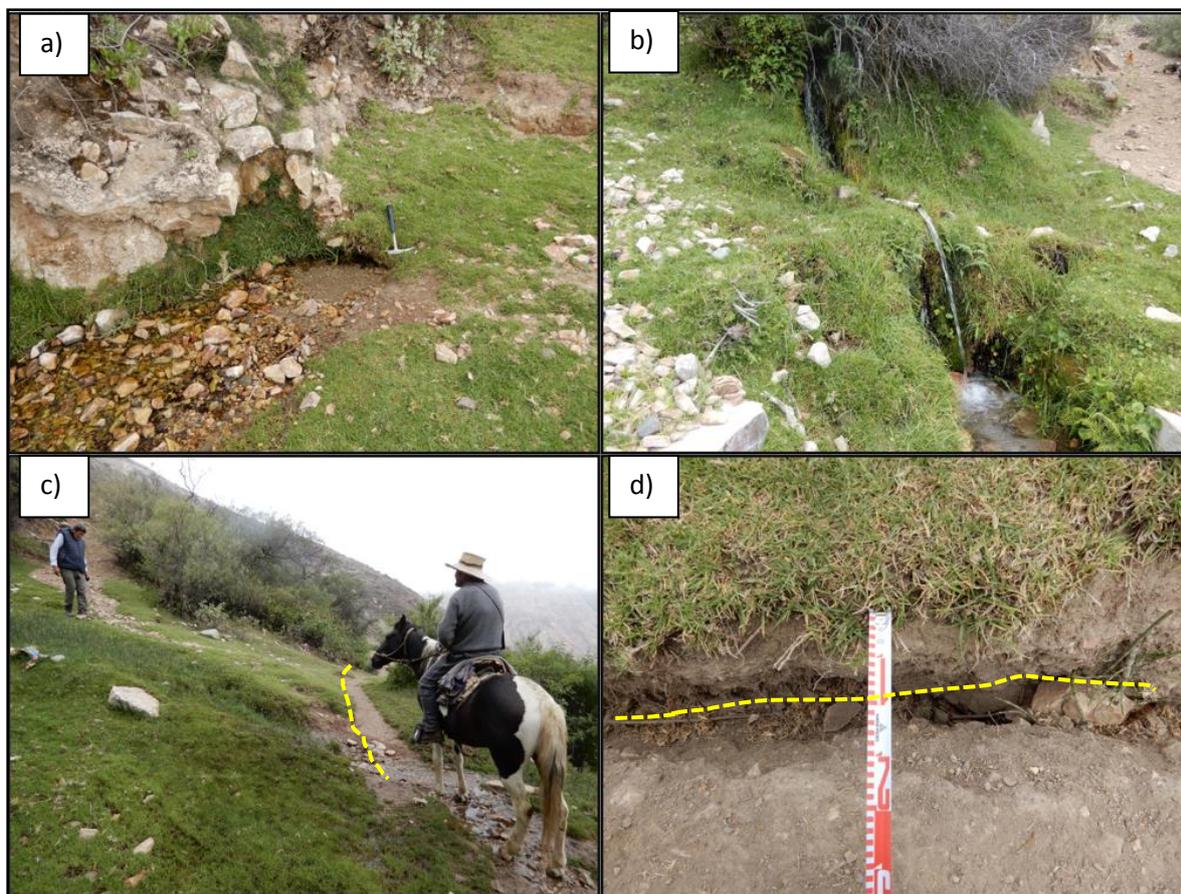


Figura 15. Muestra en a) manantial de agua (puquial) en el sector Quillalla, b) las aguas se vierten a la superficie de los terrenos, c y d) muestran el agrietamiento ubicado en el sector Quillalla.

4.1.2 Flujo de tierra

En el sector Quillalla en el punto UTM E: 775311, N: 8258906, se aprecia un flujo de tierra no canalizado que se originó en el cuerpo del deslizamiento antiguo; se observa claramente el depósito del flujo a lo largo de su trayectoria. Su punto de arranque presenta un escarpe de 27 metros de largo y posee entre 5 - 8 metros de desnivel de escarpe. El evento se genera sobre material muy saturado y no consolidado.

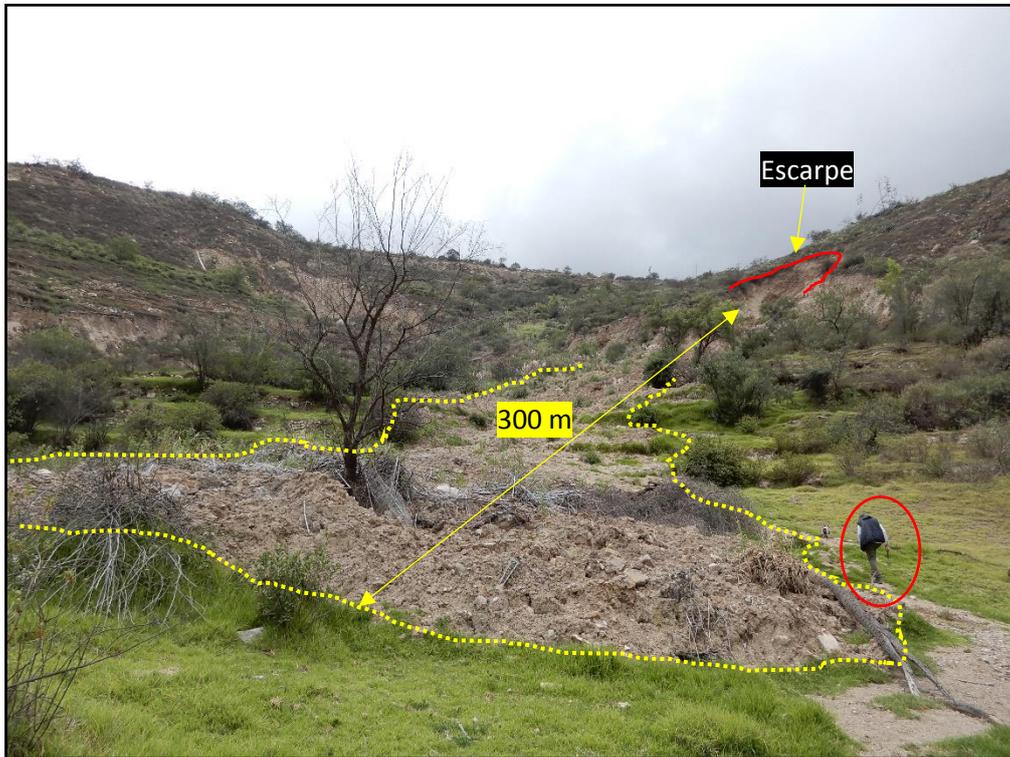


Figura 16. Depósito del flujo de tierra en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 775182, N: 8258823).

El depósito está conformado por arcillas, limos, gravas y bloques subangulosos, (figura 17). Según la distribución de los clastos se considera de matriz soportado, cohesivos y de tipo flujo; el cual presenta hasta 1.2 metros de espesor, 18 m de ancho y tiene un recorrido de 300 metros.



Figura 17. Flujo de tierra en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 775182, N: 8258823).

El flujo de tierra se originó por la surgencia de agua en la zona. Durante la inspección de campo se observó una serie de sectores con surgencias de agua en la pared del escarpe ubicado en la zona de arranque del flujo. Indicativo de que el depósito se encuentra saturado de agua (figura 18).



Figura 18. Surgencias de agua en el escarpe del flujo de tierra en el sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 775311, N: 8258906).

4.1.3 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan a lo largo del río Uñón donde afloran lutitas de color rojo, meteorizadas y fuertemente fracturadas; además, ocurren en los depósitos coluviales no consolidados, adosados a las laderas. La ocurrencia de derrumbes podría generar embalse temporal del río y posterior saturación de los depósitos inconsolidados, ubicado a lo largo del cauce del río; esto a su vez generar nuevos derrumbes (figura 19).



Figura 19. Zona de derrumbes en la parte baja del sector Quillalla. (coordenadas UTM E: 774909, N: 8258363).

4.1.4 Caída de rocas

La caída de rocas en el sector Quillalla, ocurre en los acantilados de la margen izquierda del deslizamiento antiguo, donde las laderas presentan pendientes de hasta 40° (figura 20).



Figura 20. Se aprecian la zona de desprendimiento de rocas en el sector Quillalla

4.1.5 Erosión de laderas en cárcavas

Los procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas en el sector Quillalla, se presentan en las laderas compuestas por lutitas rojizas de la Formación Murco y depósitos coluviales de antiguas ocurrencias de movimientos en masa. Las cárcavas poseen hasta 5 metros de ancho y entre 2 a 3 metros de profundidad (figura 21).

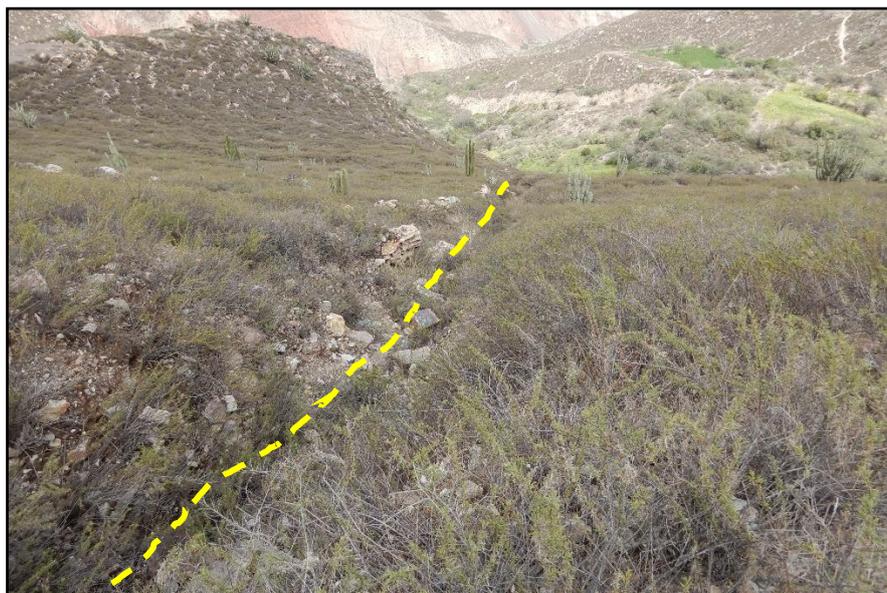


Figura 21. Procesos de erosión de ladera en cárcavas en el sector Quillalla

4.1.6 Flujo de detritos (huaico)

En Uñón se aprecia una quebrada sin nombre, que cruza por la zona urbana del distrito, cuyo cauce no está definido y se encuentra afectada por la actividad antrópica. En el cauce se observa tierras de cultivo, construcción de viviendas y vías de acceso (figuras 22 y 23) que obstruye el paso libre de flujos y aguas pluviales. También, se observa la canalización del cauce de la quebrada con montículos de tierra que no soportaría el pase de flujos de detritos; asimismo, los montículos de tierra, al ser afectados por huaicos aumentaría el volumen del mismo con poder destructivo.

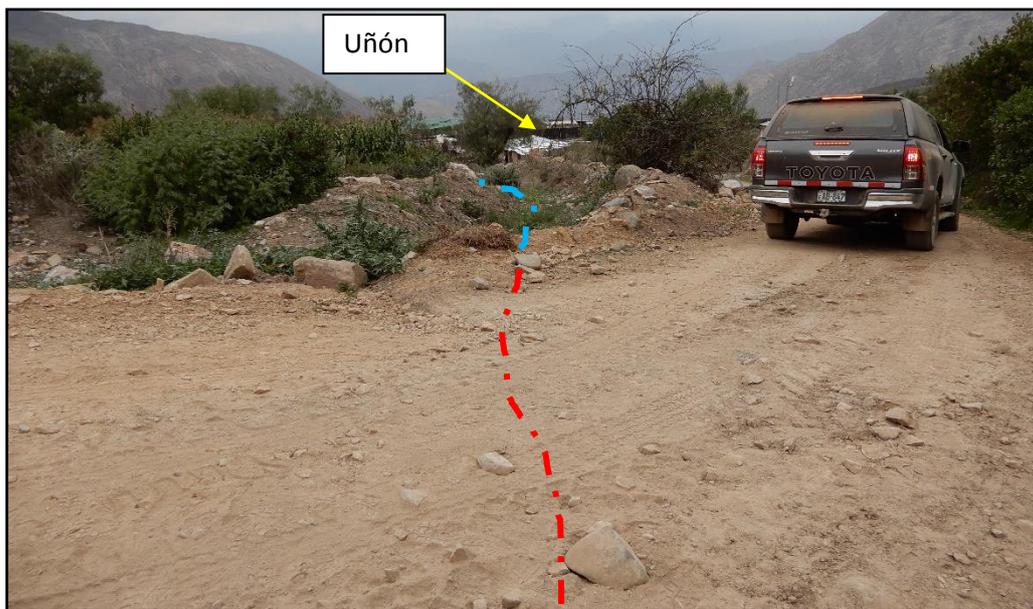


Figura 22. De color celeste se muestra el cauce incipiente de la quebrada, de rojo la ausencia del cauce en la entrada a la zona urbana de Uñón (coordenadas UTM E: 775339, N: 8259323).



Figura 23. De color rojo se aprecia la zona donde debería estar ubicado el cauce de la quebrada; actualmente la zona fue rellenada para trabajos agrícolas.

En la parte baja de la quebrada, a la altura del centro educativo de Uñón, se han encontrado depósitos potentes de flujos de detritos antiguos. Los cuales llegan a medir hasta 1.5 m de alto. Depósito sumamente endurecido, cementado, con presencia de clastos subangulos, en una matriz de limo-arcillas, (figura 24).



Figura 24. Depósito de flujo de detrito (huaico) antiguos. (coordenadas UTM E: 775193, N: 8259298).

En la parte intermedia de la ladera, en el punto UTM E: 775902, N: 8259286, la quebra aun mantiene su cauce. El cual llega a medir hasta 40 metros de ancho, y llega tener 10 m de profundidad (figura 25). Al entrar a la zona urbana su cauce es reducido hasta desaparecer.



Figura 25. Dimensión de la quebrada a media ladera, en la parte alta de Uñón.

En la parte alta de Uñón en el punto UTM E: 776279, N: 8259365, se aprecian restos de depósitos de flujos de detritos antiguos. La sinuosidad de la quebrada en este punto, ha generado que los flujos realicen un run-up, y que los flujos monten y sobrepasen el cauce de la quebrada; los depósitos aún se mantienen en la zona, (figura 26).

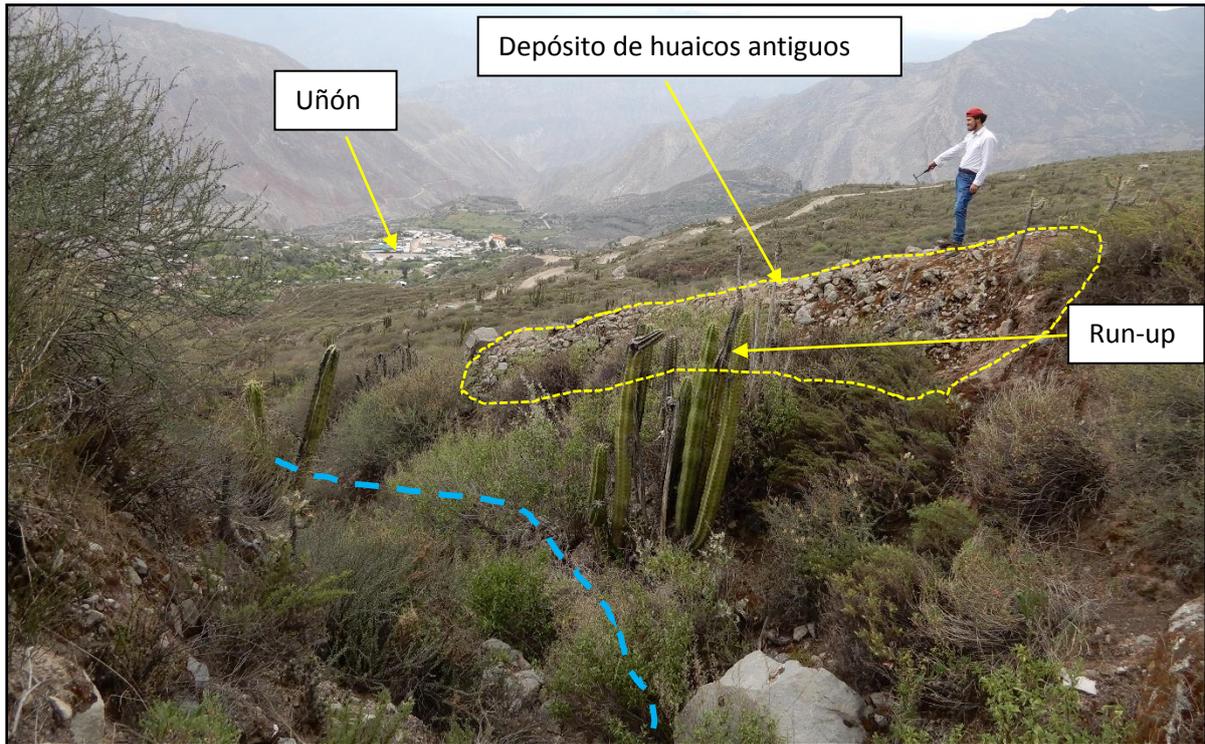


Figura 26. Depósitos de flujos de detritos (huaicos) en la parte media-alta de la quebrada sin nombres, (coordenadas UTM E: 776270, N: 8259376).

4.2. Factores condicionantes

- Rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Hualhuani (Ki-hu), conformada por areniscas cuarzosas y de la Formación Murco (Ki-mu), conformada por lutitas rojizas altamente meteorizadas y muy fracturadas. Además. La meteorización y los deslizamientos antiguos en la zona han generado depósitos conformados por gravas, arenas y limos, poco compactados, que permite la infiltración y retención del agua, de esta manera los terrenos son fácilmente saturados.
- La pendiente de los terrenos en el sector Quillalla, el cual varía desde llano a inclinado suavemente (1° - 5°) las cuales se encuentran en el cuerpo del deslizamiento; en la parte media de la ladera en Quillalla se presenta un cambio de pendiente a muy fuerte (25° - 45°) y pendientes ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media de los acantilados.
- La presencia de un manantial (puquial) y filtraciones, ubicados en el cuerpo del deslizamiento antiguo.

4.3. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú el periodo de lluvia en el Perú se da en los entre los meses de diciembre a marzo), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al desplazamiento, los flujos de detritos (huaicos) también son generados por lluvias intensas.

- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas. Según el Instituto Geofísico del Perú, A nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto.

5. CONCLUSIONES

1. En Quillalla, afloran rocas de la Formación Hualhuani (Ki-hu), conformada por areniscas cuarzosas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, rocas de la Formación Murco (Ki-mu), conformada por lutitas rojizas altamente meteorizadas y muy fracturadas, además de depósitos aluviales (Qpl-al), depósitos coluviales (Qh-col) y depósitos fluviales (Qh-fl). La meteorización ha generado suelos conformados, por arenas y limos, poco compactados, que permite la infiltración y retención del agua, de esta manera los terrenos son fácilmente saturados.
2. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área evaluada comprenden a: deslizamientos antiguos, flujo de tierras no canalizado, derrumbes, flujos de detritos y caída de rocas; asimismo, se han observado procesos de erosión de ladera, tipo cárcavas.
3. Específicamente, en el sector Quillalla se identificó un deslizamiento antiguo (Da), cuya corona del deslizamiento tiene una longitud de 940 m. En nivel altitudinal, se sitúa entre las cotas 2950m s.n.m. y 2500 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 450 m.
4. El flujo de tierra se originó en el cuerpo del deslizamiento antiguo (Da), donde los depósitos no consolidados están conformados por bloques, gravas arenas y limos; los bloques son ángulos y llegan a medir hasta 50 cm. Este flujo de tierra, presenta un recorrido de hasta 300 metros desde su origen; el evento fue condicionado por la infiltración de agua, proveniente desde la parte alta y aguas vertidas por el manantial (puquial) ubicado a unos 260 metros
5. Los peligros geológicos en el sector Quillalla están condicionadas por las rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, conformadas por areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani y lutitas rojizas altamente meteorizadas y muy fracturadas de la Formación Murco; La pendiente de los terrenos, el cual varía desde la base, donde es llano a inclinado suavemente (1° - 5°), en parte media tiene un cambio a muy fuerte (25° - 45°) y pendientes ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media de los acantilados y por último la presencia de un manantial (puquial), ubicado en el cuerpo del deslizamiento antiguo.
6. En el sector Quillalla, los movimientos en masa podrían afectar aproximadamente 5 hectáreas de terrenos de cultivo y también podría afectar cerca de 880 m de la vía carrozable que cruza por el deslizamiento antiguo.
7. Por el área urbana del distrito de Uñón, cruza una quebrada sin nombre, con restos de depósitos antiguo de flujos de detritos (huaicos). La quebrada pierde su cauce al entrar a área urbana debido al desarrollo de la actividad antrópica. En la actualidad, el cauce se encuentra relleno para uso agrícola y vía de acceso.
8. Se concluye que, el sector Quillalla, es considerada de Peligro Muy Alto, el sector puede ser afectados por flujo de tierra, que pueden ocurrir en la temporada de lluvias. Además, en el sector se pueden genera nuevas reactivaciones de los deslizamientos.

6. RECOMENDACIONES

1. En Quillalla trasladar las aguas provenientes del manantial (puquial) hasta zonas alejadas del cuerpo del deslizamiento.
2. Se debe evitar la construcción de infraestructura en el cauce de la quebrada S/N que cruza la zona urbana de Uñón.
3. Canalizar la quebrada para que los flujos de detritos (huaicos) fluyan libremente y no causen daños. Para determinar el ancho del canal en el cauce de la quebrada, se debe desarrollar el cálculo con lluvias extremas.
4. Con el objetivo de conducir adecuadamente las aguas pluviales proveniente de la parte alta del área poblada, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie incluyendo canales y acequias para evitar infiltraciones al subsuelo.
5. Todos los reservorios de agua en el sector deberían ser impermeabilizados para evitar la infiltración en los terrenos.
6. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura área susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
7. La población debe ser incentivada a la migración a nuevos tipos de cultivos y técnicas de irrigación, evitando las prácticas de riego por inundación.
8. La autoridad local de acuerdo a sus competencias debe emitir una ordenanza municipal para prohibir la construcción de viviendas y/o infraestructura en los cauces de las quebradas para evitar la expansión urbana.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Darwin Romero Fernandez y Pedro Ticona Turpo. (2002). Carta Geológica del Perú: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huambo, Hoja 32-r, Cuadrante VI, escala 1:50 000. Mapa publicado por Ingemmet.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

Zavala B.; Churata D. & Varela F. (2019). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en el Valle del Colca. Ingemmet, Boletín Serie I: Patrimonio y Geoturismo.

ANEXO 1 GLOSARÍO

Deslizamiento

Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona, (figura 27), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine, (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

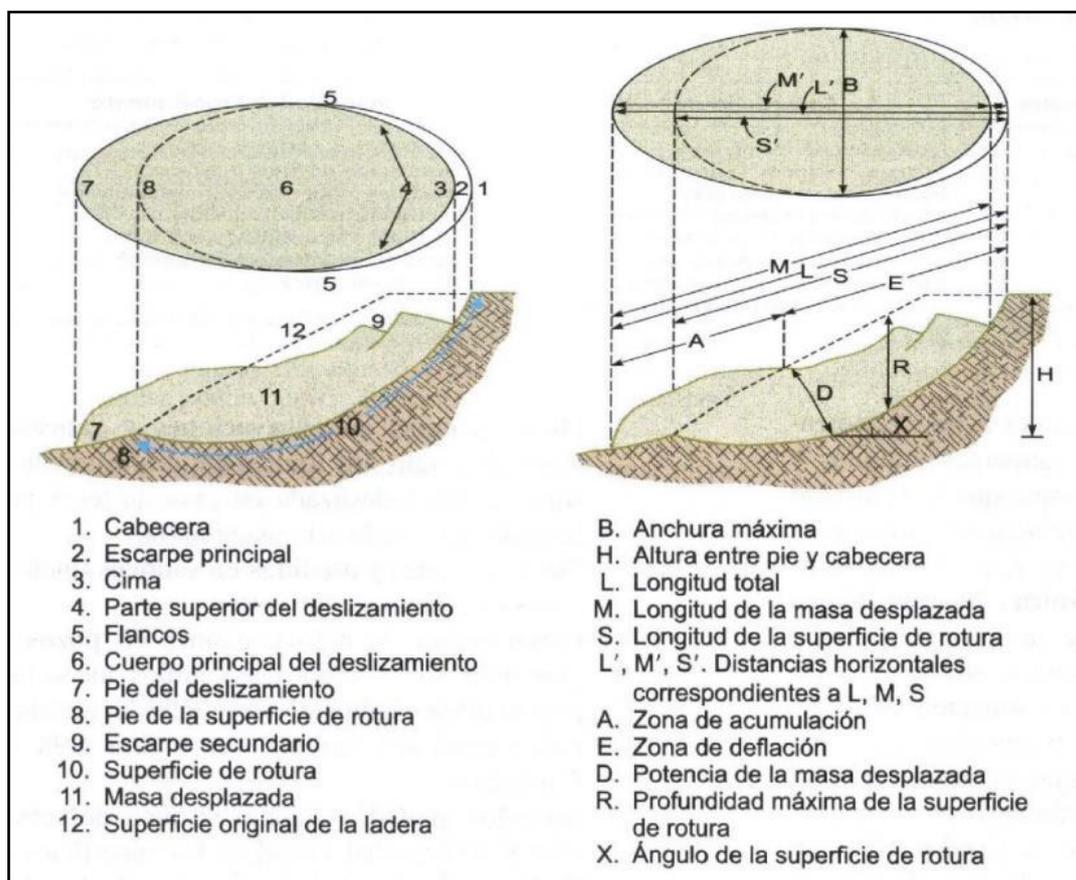


Figura 27. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

caídas o desprendimientos de rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (figuras 28 y 29). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

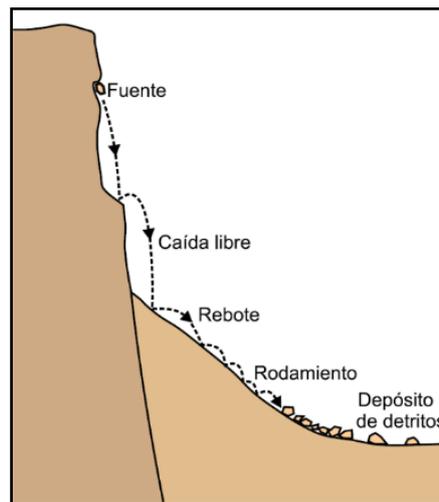


Figura 28. Esquema de la caída de rocas

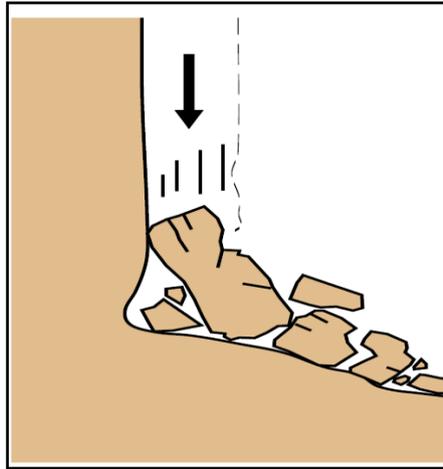


Figura 29. Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

Erosión de laderas (Cárcavas)

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras, (figura 30).

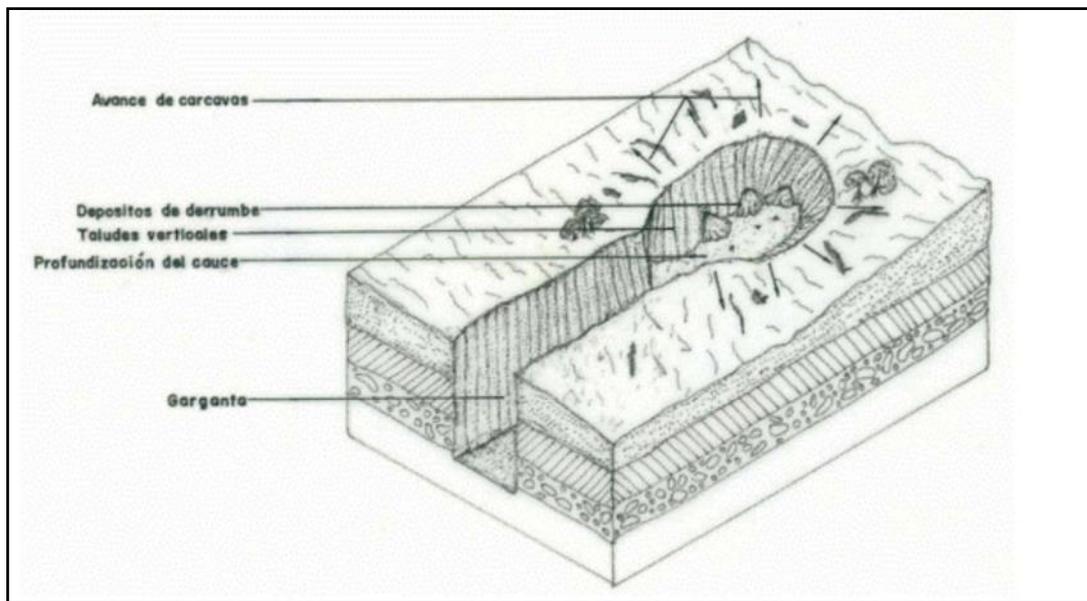


Figura 30. Proceso de formación de cárcavas

Flujo de tierra

Es un movimiento intermitente, rápido o lento de suelo arcilloso plástico (Hungr et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutvkinson, 1998). El volumen de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

